

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-52018

(P2000-52018A)

(43) 公開日 平成12年2月22日 (2000.2.22)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード(参考)

B 2 2 D 17/22

B 2 2 D 17/22

Q 4 E 0 9 3

B 2 2 C 9/06

B 2 2 C 9/06

S 4 K 0 2 9

C 2 3 C 14/06

C 2 3 C 14/06

A

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平10-221455

(22) 出願日

平成10年8月5日 (1998.8.5)

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(71) 出願人 591029699

日本アイ・ティ・エフ株式会社

京都府京都市南区久世殿城町575番地

(72) 発明者 福井 治世

京都府京都市南区久世殿城町575 日本ア

イ・ティ・エフ株式会社内

(74) 代理人 100083910

弁理士 山本 正緒

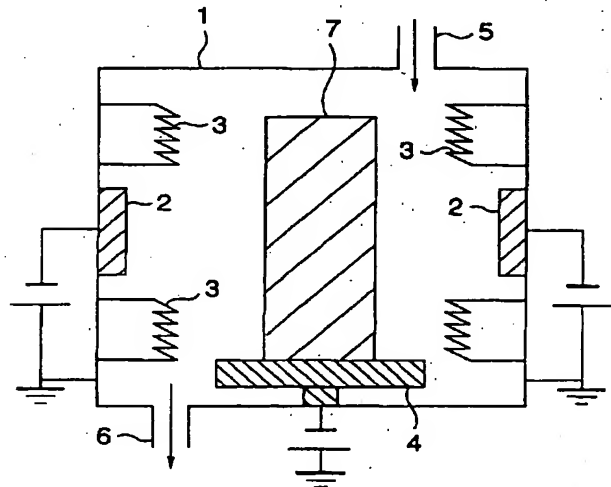
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マグネシウム合金のチクソ成形用金型

(57) 【要約】

【課題】 マグネシウム合金との摺動性及耐焼き付き性を改善し、作業能率の低下や工場環境の汚染の原因となる離型剤の塗布工程をなくして、長期に安定使用することができるマグネシウム合金のチクソ成形用金型を提供する。

【解決手段】 金型本体の表面に、クロムと窒素を主成分とする平滑な第1のセラミック薄膜と、該第1のセラミック薄膜よりも高硬度な第2のセラミック薄膜とを交互に2層以上積層し、且つその上に膜厚0.1 μm以上のクロムと窒素を主成分とする平滑なセラミック薄膜からなる最表面層を形成する。第2のセラミック薄膜は、ビッカース硬度が2000 kg/mm<sup>2</sup>以上のチタン化合物、特に複合窒化物Ti<sub>x</sub>Al<sub>100-x</sub>N (xは原子%, 20 ≤ x < 100) が好ましい。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 金属製又は合金製の金型本体の少なくともマグネシウム合金と接触する表面に、交互に2層以上積層して形成されたクロムと窒素を主成分とする平滑な第1のセラミック薄膜と、該第1のセラミック薄膜よりも高硬度な第2のセラミック薄膜とを備え、且つその上に膜厚0.1 $\mu$ m以上のクロムと窒素を主成分とする平滑なセラミック薄膜からなる最表面層を有することを特徴とするマグネシウム合金のチクソ成形用金型。

【請求項2】 前記最表面層までの全セラミック薄膜の合計膜厚が、0.5～50 $\mu$ mであることを特徴とする請求項1に記載のマグネシウム合金のチクソ成形用金型。

【請求項3】 前記第1のセラミック薄膜が、50～75原子%のクロムと50～25原子%の窒素とからなることを特徴とする、請求項1又は2に記載のマグネシウム合金のチクソ成形用金型。

【請求項4】 前記最表面層のセラミック薄膜が、50～60原子%のクロムと50～40原子%の窒素とからなることを特徴とする、請求項1～3のいずれかに記載のマグネシウム合金のチクソ成形用金型。

【請求項5】 前記第2のセラミック薄膜の硬さが、ビッカース硬度で2000kg/mm<sup>2</sup>以上であることを特徴とする、請求項1～4のいずれかに記載のマグネシウム合金のチクソ成形用金型。

【請求項6】 前記第2のセラミック薄膜が、チタンの炭化物、窒化物、炭窒化物、又はチタンとアルミニウムの複合窒化物から選ばれる少なくとも1種からなることを特徴とする、請求項1～5のいずれかに記載のマグネシウム合金のチクソ成形用金型。

【請求項7】 前記チタンとアルミニウムの複合窒化物が、Ti<sub>x</sub>Al<sub>100-x</sub>N（但しxは原子%を表し、20 $\leq$ x<100である）からなることを特徴とする、請求項6に記載のマグネシウム合金のチクソ成形用金型。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電子部品や自動車部品等の分野で急速に実用化が進んでいるマグネシウム合金部品を成形するためのチクソ成形用金型に関する。

【0002】

【従来の技術】マグネシウム合金は、その軽量性と高い強度特性を備えると共に、外観の美麗さなどから、電子部品ケースや自動車部品などとして近年急速に用途が拡大しつつある。

【0003】これらマグネシウム合金の成形は、チクソ成形と言われる比較的高温での射出成型によって行われている。即ち、マグネシウムに例えばアルミニウムを約10重量%添加したマグネシウム合金を固液共存温度で射出成型する手法であり、具体的には約250℃に加熱された金型中に500～550℃の半熔融状態のマグネ

シウム合金を注入し、冷却凝固させて成形するものである。

【0004】このチクソ成形において、精度のよい成形を行うためには、金型表面と注入材料の摩擦が少ないことが必須条件である。例えば、注入作業中や凝固後のワークの取り出し時の擦すれ等によって金型表面に摩耗が生じると、これが鑄込み作業中の焼き付きの原因となり、生産性や製品歩留を著しく低下させる。

【0005】このような現象を防止するために、現状では離型剤を使用し、具体的には金型の表面状態に応じて又は定期的に金型の成形面に離型剤を塗布しながら、鑄込み作業を行っている。しかし、離型剤を頻繁に塗布しなければならないため、設備の停止や、金型温度の低下による作業能率及び歩留まりの低下が避けられなかった。また、離型剤が成形作業中に蒸発、飛散するため、工場の作業環境を著しく害するという問題もあった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】このような現状において、離型剤の塗布による問題を解決するために、硬度が高い窒化チタン等のセラミック薄膜を金型表面に形成することにより、金型の摩耗を防ぐ方法も検討されている。しかしながら、窒化チタンの薄膜は、チクソ成形時の温度である500℃以上で使用すると、酸化されて薄膜が容易に剥離するため、金型表面の保護効果は殆ど得られなかった。

【0007】また、摺動性に優れると言われる窒化クロムの被膜処理も試みられているが、平滑な薄膜の形成が難しく、薄膜表面に生じる突起を起点としてマグネシウム合金の焼き付きが生じやすいという欠点があった。加えて、窒化クロムは硬度が低いために、十分な耐摩耗性及び耐焼き付き性が得られなかった。更に、窒化クロムは熱膨張係数の小さな材料であるため、高い硬度を得ようとすると膨張係数が増々小さくなり、200℃～500℃のヒートサイクルを受けるチクソ成形用金型では、熱疲労を生じて長期に安定して使用することは不可能であった。

【0008】本発明は、このような従来の事情に鑑み、マグネシウム合金との摺動性及耐焼き付き性に優れたセラミック薄膜を金型表面に形成し、作業能率の低下や工場環境の汚染の原因となる離型剤の塗布工程をなくして、長期に安定使用することができるマグネシウム合金のチクソ成形用金型を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明が提供するマグネシウム合金のチクソ成形用金型は、金属製又は合金製の金型本体の少なくともマグネシウム合金と接触する表面に、交互に2層以上積層して形成されたクロムと窒素を主成分とする平滑な第1のセラミック薄膜と、該第1のセラミック薄膜よりも高硬度な第2のセラミック薄膜とを備え、且つその上に膜厚

0.1  $\mu\text{m}$ 以上のクロムと窒素を主成分とする平滑なセラミック薄膜からなる最表面層を有することを特徴とする。

【0010】本発明のマグネシウム合金のチクソ成形用金型において、第1のセラミック薄膜は50～75原子%のクロムと50～25原子%の窒素とからなることが好ましく、また最表面層のセラミック薄膜は50～60原子%のクロムと50～40原子%の窒素とからなることが好ましい。

【0011】また、高硬度の第2のセラミック薄膜は、その硬さがビッカース硬度で2000  $\text{kg/mm}^2$ 以上であることが好ましい。かかる第2のセラミック薄膜としては、チタンの炭化物、窒化物、炭窒化物、又はチタンとアルミニウムの複合窒化物から選ばれる少なくとも1種があり、中でもチタンとアルミニウムの複合窒化物  $\text{Ti}_x\text{Al}_{1.0-x}\text{N}$  (但し  $x$  は原子%を表し、 $2.0 \leq x < 1.00$  である) が特に好ましい。

【0012】

【発明の実施の形態】一般に、クロムと窒素を主成分とするセラミック薄膜は、化学的に安定しており、また摺動性に優れることが知られているが、良好な平滑性を得ることが難しい。これは、金属クロムの昇華反応を利用した気相からのコーティング法によって成膜されるため、工業的に用いられる通常の条件で成膜すると、蒸発源から飛散する粒状の生成物がセラミック膜と共に付着し、表面に微細な突起を有する膜が形成されるためである。このような突起は、前記したように高温のマグネシウム合金のような軟質の材料を摺動させたとき噛み込状の焼き付きの起点となり、以後急激に焼き付きが広がって製品を不良にする。

【0013】クロムと窒素を主成分とするセラミック薄膜の平滑性を改善するには、粒状飛散物を防止するような低エネルギーで成膜すればよいが、成膜速度が遅くなるため、必要な膜厚を得るためにはコストが著しく増大する。また、成膜後にラップ研磨を施すことも考えられるが、金型形状が複雑であるうえ、金型の成形面全体を均一にラップ研磨することが難しいため、多大な処理コストが必要となる。

【0014】本発明においては、このようなクロムと窒素を主成分とするセラミック薄膜が有する問題を、低速で成膜することで平滑性を確保すると同時に、平滑性が得やすい高硬度なセラミック薄膜と積層することによって解決した。即ち、本発明のクロムと窒素を主成分とする平滑な第1のセラミック薄膜は、前記のごとく低エネルギーで速度を抑えて成膜することで形成できるが、この成膜速度の低下をチタン化合物のような高硬度な第2のセラミック薄膜との積層によって補い、セラミック薄膜全体として効率的な成膜を行うことができる。このクロムと窒素を主成分とする平滑な第1のセラミック薄膜及び最表面層の平滑なセラミック薄膜の表面粗さとして

は、 $R_{\text{max}}$ で2  $\mu\text{m}$ 以下、又は $R_a$ で0.3  $\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

【0015】尚、クロムと窒素を主成分とする平滑なセラミック薄膜の形成は、例えば特開平10-68071号公報に記載されるような方法によっても可能である。この方法は、イオンブレーティング法により、アーク放電で陰極のターゲットを蒸発及びイオン化させ、窒素や炭化水素等の反応性ガスと反応させて、生成した化合物の薄膜を基材表面に成膜する際に、ターゲットの付近に反応性ガスを供給し、その付近のガス圧を周囲よりも高めた状態で成膜するものである。

【0016】しかも、このようにして形成したクロムと窒素を主成分とする平滑なセラミック薄膜は、極めてピンホールが少なく、膜厚が0.1  $\mu\text{m}$ 以上あれば酸素の浸透を防止できるので、下層にあるセラミック薄膜の酸化を防ぐ作用を有することが判った。このことから、本発明では、膜厚0.1  $\mu\text{m}$ 以上のクロムと窒素を主成分とする平滑なセラミック薄膜を最表面層とすることにより、その下層のセラミック薄膜の酸化を防ぎ、化学的変質や剥離を無くすることができる。

【0017】また、クロムと窒素を主成分とする平滑な第1のセラミック薄膜と高硬度な第2のセラミック薄膜を交互に積層することによって、両者の相乗効果により化学的安定性と摺動特性が一層向上し、耐焼き付き性の著しい改善を得ることができる。この相乗的な効果を得るためには、最表面層を含めたセラミック薄膜全体の合計膜厚を0.5  $\mu\text{m}$ 以上とすることが好ましい。しかし、合計膜厚を50  $\mu\text{m}$ より厚くしても、それ以上の耐焼き付き性の向上や寿命の延長が望めないため、成膜コストの点からも50  $\mu\text{m}$ 以下とすることが望ましい。

【0018】尚、平滑な第1のセラミック薄膜と高硬度な第2のセラミック薄膜の積層については、交互に少なくとも1層ずつ、即ち2層以上積層すればよい。また、第1のセラミック薄膜と第2のセラミック薄膜のどちらを金型本体に直接接して形成するかは特に制限はないが、金型本体を構成する金属や合金との密着性や、最低2層の積層でよく且つ最表面層がクロムと窒素を主成分とする平滑なセラミック薄膜であることを考慮すると、クロムと窒素を主成分とする平滑な第1のセラミック薄膜を金型本体上に直接形成することが望ましい。

【0019】平滑な第1のセラミック薄膜と最表面層のセラミック薄膜は、共にクロムと窒素を主成分とするCrN系セラミックから構成される。そのうち、内層となる第1のセラミック薄膜は、50～75原子%のクロムと50～25原子%の窒素とからなることが好ましい。また、最表面層のセラミック薄膜は、50～60原子%のクロムと50～40原子%の窒素とからなることが好ましい。いずれの場合も上記の範囲を外れると、耐焼き付き性が低下しやすくなる。

【0020】一方、高硬度な第2のセラミック薄膜とし



ては、第1のセラミック薄膜よりも高い硬度を有するものであればよいが、耐熱性に優れ且つ工業的に実績が多く平滑性が得やすいことを考慮すると、窒化チタン(TiN)、炭化チタン(TiC)、炭窒化チタン(TiCN)、又はチタンとアルミニウム複合窒化物(TiAlN)のいずれかが好ましい。これらのセラミック薄膜はいずれもビッカース硬度が2000kg/mm<sup>2</sup>以上であり、比較的軟質なCrN系セラミック薄膜と積層するのに理想的である。

【0021】これら第2のセラミック薄膜のうち、チタンとアルミニウムの複合窒化物(TiAlN)膜は、チタンの組成比率(原子%)をxとするとときにTi<sub>x</sub>Al<sub>1-x</sub>Nで表されるが、xの値は20以上100未満であることが好ましい。尚、xの値は、化合物の組成から自ずと上限が100であり、100の場合にはTiNと同じ化合物とある。しかし、xの値が20を下回ると、その炭窒化物の硬度が低下し、金型の耐焼き付き性が低下するので好ましくない。

【0022】尚、窒化チタン、炭化チタン、炭窒化チタン、チタンとアルミニウム複合窒化物の各セラミック薄膜は、それぞれ第2のセラミック薄膜として単独で使用しても良いが、これらの2種以上を組み合わせる順に第1のセラミック薄膜と積層したり、これらの2種以上を混合した組成の第2のセラミック薄膜とすることによって、更にセラミック薄膜全体の硬度が上昇するので好ましい。

【0023】

#### 【実施例】実施例1

JIS鋼種の一つであるSKD61で製作された金型本体の表面に、公知の真空アーク放電によるイオンプレーティング法を用いて、下記表1に示す各セラミック薄膜を形成し、本発明による試料1～31のマグネシウム合金のチクソ成形用金型を作製した。

【0024】即ち、図1に示すように、円筒形状の真空容器1の内側壁面に複数個のターゲット2を対向させて配置すると共に加熱用ヒーター3を設置し、真空容器1にガス導入口5とガス排気口6を備えた通常の成膜装置を使用した。この真空容器1の中心軸上に回転可能に設けた保持具4に上記金型本体7を装着し、保持具4の回転数と真空アークの放電電流(ターゲット材料の蒸発量)の一方又は両方を調整することにより、以下のごとく各セラミック薄膜を積層して形成した。

\*

第1及び第2のセラミック薄膜					最表面層	全膜厚	連続操業回数と
試料	CrN系	Ti化合物系	硬度Hk	積層	CrN系(μm)	(μm)	表面状態の評価
1	Cr52N48	TiN	2016	2	Cr52N48(0.1)	2.1	100,000/良好
2	Cr52N48	TiN	2014	2	Cr52N48(0.5)	2.1	100,000/良好
3	Cr52N48	TiN	2017	2	Cr52N48(1)	3	100,000/良好
4	Cr52N48	TiN	2003	2	Cr52N48(2)	4	100,000/良好
5	Cr52N48	TiN	2016	4	Cr52N48(1)	3	100,000/良好
6	Cr52N48	TiN	2015	50	Cr52N48(1)	3	100,000/良好



\*【0025】まず、真空容器1内を排気して真空度を10<sup>-4</sup>Paの雰囲気とし、次にArガスを導入して2.7Paの雰囲気に保持し、400℃まで加熱して、金型本体7に-1000Vの負のバイアス電圧をかけてプラズマクリーニングを行った後、Arガスを排気した。

【0026】その後、成膜するセラミック薄膜の種類に合わせて時間制御を行いながら、真空容器1内にN<sub>2</sub>ガス又はCH<sub>4</sub>ガスのいずれか一種類又は両方を200cc/minの総流量で導入して、真空アーク放電によりCr、Ti又はTiAl合金の各ターゲット2を蒸発、イオン化させることによって、回転する金型本体7が各ターゲット2の前を通過する際に、その表面上に各ターゲット材料と導入ガス中のN及び/又はCとの化合物からなる表1に示す各セラミック薄膜、即ち平滑な第1のセラミック薄膜であるCrN系薄膜と第2のセラミック薄膜であるTi化合物系薄膜を順次積層し、最後にCrN系の平滑な最表面層を形成した。

【0027】また、比較のために、下記表2に示すように、従来の単一のセラミック薄膜のみを設けたコーティング金型の試料32～36、及びセラミック薄膜を有しない金型の試料37も用意した。即ち、試料32～36では、通常の成膜装置を使用して真空アーク放電を用いたイオンプレーティング法により、上記と同じSKD61製の金型本体の表面に、表2に示す単独のセラミック薄膜を形成した。また、試料38～44の金型は、各セラミック薄膜の組成や膜厚等を本発明の範囲外とした比較例である。

【0028】次に、上記の各試料の金型について、離型剤を塗布することなく、Mg-10重量%Al合金のチクソ成形加工を行い、連続操業回数及び金型表面の耐焼き付き状態を評価して、その結果を表1及び表2に併せて示した。尚、成形時の金型温度は約250℃、半溶融状態のMg-Al合金の温度は500～550℃とした。尚、表1及び表2に示すセラミック薄膜の組成中の数字は原子%を意味し、オージェ分析を用いて測定した。また、Ti化合物系の第2のセラミック薄膜の硬度Hkは、測定荷重20gfのヌーブ硬度計を用いて測定したビッカース硬度(ヌーブ硬度Hk)であり、5回測定の平均値を示す。

【0029】

【表1】

7						8	
7	Cr52N48	TiN	2001	100	Cr52N48(1)	3	100,000/良好
8	Cr52N48	TiN	2011	1000	Cr52N48(1)	3	100,000/良好
9	Cr52N48	TiN	2001	50	Cr52N48(1)	1.5	100,000/良好
10	Cr52N48	TiN	2012	50	Cr52N48(1)	2	100,000/良好
11	Cr52N48	TiN	2009	50	Cr52N48(1)	3	100,000/良好
12	Cr52N48	TiN	2016	50	Cr52N48(1)	6	100,000/良好
13	Cr52N48	TiN	2021	50	Cr52N48(1)	11	100,000/良好
14	Cr52N48	TiN	2002	100	Cr50N50(10)	30	110,000/良好
15	Cr52N48	TiN	2003	500	Cr55N45(10)	50	120,000/良好
16	Cr52N48	TiN	2009	50	Cr60N40(20)	50	130,000/良好
17	Cr52N48	TiN	2011	50	Cr73N27(1)	3	50,000/焼付
18	Cr52N48	TiN	2010	50	Cr77N23(1)	3	10,000/焼付
19	Cr52N48	TiN	2004	50	Cr55N45(1)	3	100,000/良好
20	Cr60N40	TiN	2003	50	Cr55N45(1)	3	100,000/良好
21	Cr70N30	TiN	2006	50	Cr55N45(1)	3	100,000/良好
22	Cr75N35	TiN	2006	50	Cr55N45(1)	3	100,000/良好
23	Cr80N20	TiN	2003	50	Cr55N45(1)	3	50,000/焼付
24	Cr85N15	TiN	2030	50	Cr55N45(1)	3	10,000/焼付
25	Cr50N50	TiC	3150	50	Cr55N45(1)	3	100,000/良好
26	Cr50N50	TiCN	2522	50	Cr55N45(1)	3	100,000/良好
27	Cr50N50	Ti20Al80N	2262	50	Cr55N45(1)	3	120,000/良好
28	Cr50N50	Ti30Al70N	2532	50	Cr55N45(1)	3	200,000/良好
29	Cr50N50	Ti50Al50N	2511	50	Cr55N45(1)	3	150,000/良好
30	Cr50N50	Ti70Al30N	2516	50	Cr55N45(1)	3	150,000/良好
31	Cr50N50	Ti90Al10N	2461	50	Cr55N45(1)	3	100,000/良好

(注) 表中の試料は全て本発明例である。

【0030】

\* \* 【表2】

試料	第1及び第2のセラミック薄膜				最表面層	全膜厚	連続操業回数と
	CrN系	Ti化合物系	硬度HK	積層	CrN系(μm)	(μm)	表面状態の評価
32*	—	—	—	—	Cr50N50(3)	3	1,000/焼付
33*	—	—	—	—	TiN (3)	3	20/焼付
34*	—	—	—	—	TiC (3)	3	5/焼付
35*	—	—	—	—	TiCN(3)	3	10/焼付
36*	—	—	—	—	Ti50Al50N(3)	3	300/焼付
37*	—	—	—	—	—	—	1/焼付
38*	Cr50N50	Ti15Al85N	1500	50	Cr55N45(1)	3	3,000/焼付
39*	Cr52N48	TiN	2001	2	Cr52N48(0.01)	2.01	500/焼付
40*	Cr52N48	TiN	2019	2	Cr52N48(0.05)	2.05	1,000/焼付
41*	Cr52N48	TiN	2008	50	Cr52N48(0.09)	0.29	100/焼付
42*	Cr52N48	TiN	2009	50	Cr52N48(0.08)	0.48	500/焼付
43*	Cr52N48	TiN	2005	50	Cr80N20(0.09)	2.09	500/焼付
44*	Cr52N48	TiN	2000	50	Cr85N15(0.08)	2.08	500/焼付

(注) 表中の\*を付した試料は比較例である。

【0031】 上記の結果から分かるように、従来の単一のセラミック薄膜のみをコーティングした試料32～36の金型では、離型剤を塗布せずに成形したとき、使用初期の1000ショットまでに金型表面に焼き付きが起こり、成形作業の続行が不可能となった。また、試料37のセラミック薄膜を全く有しない金型は、わずか1回のショットで焼き付きが起こった。

【0032】 これに対して本発明の試料1～31の金型では、潤滑剤の塗布なしに、1万～20万ショットの連続成形作業を行っても焼き付き現象を起こさず、極めて良い状態の成型品が得られた。特に、高硬度の第2のセラミック薄膜としてチタンとアルミニウムの複合窒化物Ti<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>Nを用いた場合、金型寿命は更に延びることが分かる。しかし、比較例の試料38から分かるよ

うに、 $x$ の値が2.0未満の場合には耐焼き付き性の向上はみられない。

【0033】また、比較例の試料39～44の最表面層の膜厚が $0.1\mu\text{m}$ 未満である金型の場合、下層のセラミック薄膜（特にTi化合物系薄膜）の酸化が急速に進行してしまうことから、薄膜の剥離等が起こって焼き付きが発生しやすく、いずれも1000回以下のショットで使用不可能となった。また、セラミック薄膜全体の合計膜厚が $0.5\mu\text{m}$ 未満の試料41～42では、更に金型の寿命が短くなることが分かる。

#### 【0034】実施例2

セラミック薄膜の平滑性を上げる手段として、前記した特開平10-68071号公報に記載されているような特殊なアークイオンプレーティング法を用いることにより、実施例1と同様の金型本体の表面に、CrN系の平滑な第1のセラミック薄膜とTiN系の第2のセラミック薄膜を積層し、更にその上にCrN系の平滑な最表面層を形成して、3層のセラミック薄膜を有する金型を作製した。この改良法によれば、従来のCrN系セラミック薄膜の最大表面粗さが $R_{\text{max}}$ で $3\sim 4\mu\text{m}$ 程度であったものが、同 $1\sim 2\mu\text{m}$ 程度に改善された。

【0035】尚、セラミック薄膜の表面粗さの評価については、最大粗さの数値が確率的要素に左右され易いため、下記表3の測定条件の下で平均粗さも評価したところ、下記表4に示すような結果となった。ただし、表面粗さ評価用のJIS鋼種SKD61製試験片は、 $25\text{mm}$ 角×厚み $4\text{mm}$ の形状で金型とは別に準備し、金型と同時にコーティング処理した。

#### 【0036】

【表3】測定に用いた機器：東京精密（株）製サーフコ 30  
ム570A

測定長さ： $6\text{mm}$

カットオフ： $0.8\text{mm}$

触針を動かす速度： $0.3\text{mm}/\text{秒}$

触針の材質：ダイヤモンド

\* 触針の先端形状：曲率半径 $5\mu\text{m}$ 、 $90^\circ$ 円錐形状

【0037】

【表4】コーティング前の基材表面粗さ： $R_{\text{max}}=0.03\mu\text{m}$ 、 $R_a=0.01\mu\text{m}$

コーティング薄膜の厚み： $3.1\mu\text{m}$

従来法によるCrN薄膜の表面粗さ： $R_{\text{max}}=3\sim 4\mu\text{m}$ 、 $R_a=0.5\mu\text{m}$

改良法によるCrN薄膜の表面粗さ： $R_{\text{max}}=1\sim 2\mu\text{m}$ 、 $R_a=0.3\mu\text{m}$

10 【0038】この方法によりセラミック薄膜を成膜した本発明の金型は、離型剤の塗布なしに、いずれも15万ショット以上の安定した成形作業を継続することができた。ただし、寿命の点で比較すると、積層する高硬度のセラミック薄膜としてTi<sub>1.00-1.20</sub>N（ $2.0\leq x<1.00$ ）を用いたものが最も長寿命であり、50万ショットの成形加工の後でも焼き付きは全く発生しなかった。

【0039】

【発明の効果】本発明によれば、マグネシウム合金のチクソ成形において、金型への離型剤の塗布作業を不要とし、作業能率の向上と成形精度の改善を図ると共に、焼き付きをなくして、金型を長期にわたり安定して使用することができる。

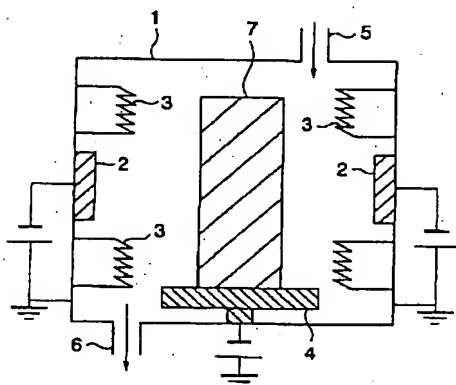
【図面の簡単な説明】

【図1】金型本体にセラミック薄膜を成膜するための真空アーク放電によるイオンプレーティング装置を示す概略の断面図である。

【符号の説明】

- 1 真空容器
- 2 ターゲット
- 3 加熱用ヒーター
- 4 保持具
- 5 ガス導入口
- 6 ガス排出口
- 7 金型本体

【図1】



フロントページの続き

(72)発明者 石井 孝也

京都府京都市南区久世殿城町575 日本ア

イ・ティ・エフ株式会社内

(72)発明者 大原 久典

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友

電気工業株式会社伊丹製作所内

Fターム(参考) 4E093 NA10 NB08

4K029 AA02 BA54 BA55 BA58 BA60

BB02 BC02 BD05

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-052018

(43)Date of publication of application : 22.02.2000

---

(51)Int.Cl. B22D 17/22  
B22C 9/06  
C23C 14/06

---

(21)Application number : 10-221455

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD  
NIPPON ITF KK

(22)Date of filing : 05.08.1998

(72)Inventor : FUKUI HARUYO  
ISHII TAKAYA  
OHARA HISANORI

---

(54) THIXOTROPY DIE OF MAGNESIUM ALLOY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To eliminate an applying process of a die releasing agent for stable long usage by providing a top surface layer comprising a smooth ceramic film composed of a given thickness of Cr and N as main components on the first and second ceramic films.

SOLUTION: A ceramic film with thickness of 0.1  $\mu\text{m}$  or more is used as a top surface layer, so that oxidization of the ceramic films of the lower layers can be prevented for eliminating chemical degrading or exfoliation.

Furthermore, the first smooth ceramic film composed of Cr and N as main components and the ceramic film of high hardness are alternately laminated, so that chemical stability and sliding characteristic are further improved, resulting in the significant improvement of baking resistance. Therefore, it is preferable that total thickness of the overall ceramic film including the top surface layer is 0.5-50  $\mu\text{m}$ . It is preferable that the first ceramic film is composed of, at atom%, 50-70% Cr and 25-50% N, and that the top surface layer ceramic film is composed of 50-60% Cr and 40-50% N.

---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application converted  
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision of  
rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] The 1st smooth ceramic thin film which uses as a principal component the chromium formed in the front face of metal or the body of metal mold made from an alloy which contacts a Magnesium alloy at least by carrying out a laminating more than two-layer by turns, and nitrogen, this -- the 1st ceramic thin film -- high -- the CHIKUSO molding die of the Magnesium alloy characterized by having the maximum surface layer which consists of a smooth ceramic thin film which is equipped with the 2nd degree of hardness ceramic thin film, and uses the chromium and nitrogen of 0.1 micrometers or more of thickness as a principal component on it.

[Claim 2] The CHIKUSO molding die of a Magnesium alloy according to claim 1 to which sum total thickness of all the ceramic thin films to said maximum surface layer is characterized by being 0.5-50 micrometers.

[Claim 3] The CHIKUSO molding die of a Magnesium alloy according to claim 1 or 2 characterized by said 1st ceramic thin film consisting of chromium of 50 - 75 atom %, and nitrogen of 50 - 25 atom %.

[Claim 4] The CHIKUSO molding die of a Magnesium alloy according to claim 1 to 3 characterized by the ceramic thin film of said maximum surface layer consisting of chromium of 50 - 60 atom %, and nitrogen of 50 - 40 atom %.

[Claim 5] The CHIKUSO molding die of a Magnesium alloy according to claim 1 to 4 to which hardness of said 2nd ceramic thin film is characterized by being two or more [ 2000kg //mm ] with Vickers hardness.

[Claim 6] The CHIKUSO molding die of a Magnesium alloy according to claim 1 to 5 characterized by said 2nd ceramic thin film consisting of at least one sort chosen from the carbide of titanium, a nitride, carbon nitride, or the compound nitride of titanium and aluminum.

[Claim 7] The CHIKUSO molding die of a Magnesium alloy according to claim 6 characterized by the compound nitride of said titanium and aluminum consisting of  $Ti_xAl_{100-x}N$  (however, x expressing atomic % and being  $20 \leq x < 100$ ).

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the CHIKUSO molding die for fabricating the Magnesium alloy components with which utilization is progressing quickly in fields, such as electronic parts and autoparts.

[0002]

[Description of the Prior Art] An application is expanding a Magnesium alloy quickly as an electronic-parts case, autoparts, etc. triggered by beautiful [ of an appearance ] etc. in recent years while it is equipped with the lightweight nature and a high strength property.

[0003] Shaping of these Magnesium alloys is performed by the injection molding comparatively in an elevated temperature called CHIKUSO shaping. That is, it is the technique of carrying out the injection molding of the Magnesium alloy which added aluminum about 10% of the weight to magnesium at solid-liquid coexistence temperature, and the Magnesium alloy of a 500-550-degree C half-melting condition is poured in into the metal mold specifically heated by about 250 degrees C, cooling coagulation is carried out, and it fabricates.

[0004] In this CHIKUSO shaping, in order to perform accurate shaping, it is an indispensable condition that there is little friction of a metal mold front face and an impregnation ingredient. For example, if wear arises on a metal mold front face under impregnation and by \*\*\*\*\* at the time of the ejection of the work piece after coagulation etc., this will cause seizure under cast activity and will reduce productivity and a product yield remarkably.

[0005] In order to prevent such a phenomenon, the cast activity is done in the present condition, using a release agent and specifically applying a release agent to the shaping side of metal mold periodically corresponding to the surface state of metal mold. However, in order to have to apply a release agent frequently, the fall of the working capacity by a halt of a facility and the fall of a die temperature and the yield was not avoided. Moreover, since a release agent evaporates and dispersed during a fabrication operation, there was also a problem of injuring the work environment of works remarkably.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In such the present condition, in order to solve the problem by spreading of a release agent, how to prevent wear of metal mold is also examined by forming ceramic thin films, such as titanium nitride with a high degree of hardness, in a metal mold front face. However, if the thin film of titanium nitride was used above 500 degrees C which is the temperature at the time of CHIKUSO shaping, since it would oxidize and a thin film would exfoliate easily, most protective effects on the front face of metal mold were not acquired.

[0007] Moreover, although coat processing of the nitriding chromium said to excel in sliding nature was also tried, formation of a smooth thin film was difficult and there was a fault of being easy to produce printing of a Magnesium alloy with the projection as the starting point produced on a thin film front face. In addition, since nitriding chromium had the low degree of hardness, sufficient abrasion resistance and printing-proof nature were not obtained. furthermore - since nitriding chromium is an ingredient with a small coefficient of thermal expansion, if it is going to obtain a high degree of hardness -- an expansion coefficient -- \*\*\*\* -- it was impossible to become small, to produce thermal fatigue in the CHIKUSO molding die which receives a 200 degrees C - 500 degrees C thermo cycle, and to have used it for a long period of time, being stabilized.

[0008] This invention forms the ceramic thin film excellent in sliding nature and printing-proof nature with a Magnesium alloy in a metal mold front face in view of such a conventional situation, abolishes the spreading process of the release agent constituting decline in working capacity, or the cause of contamination of a works environment, and aims at offering the CHIKUSO molding die of the Magnesium alloy which can carry out stable use to a long period of time.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[0009]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, the CHIKUSO molding die of the Magnesium alloy which this invention offers The 1st smooth ceramic thin film which uses as a principal component the chromium formed in the front face of metal or the body of metal mold made from an alloy which contacts a Magnesium alloy at least by carrying out a laminating more than two-layer by turns, and nitrogen, this -- the 1st ceramic thin film -- high -- it is characterized by having the maximum surface layer which consists of a smooth ceramic thin film which is equipped with the 2nd degree of hardness ceramic thin film, and uses the chromium and nitrogen of 0.1 micrometers or more of thickness as a principal component on it.

[0010] In the CHIKUSO molding die of the Magnesium alloy of this invention, as for the 1st ceramic thin film, it is desirable to consist of chromium of 50 - 75 atom % and nitrogen of 50 - 25 atom %, and, as for the ceramic thin film of the maximum surface layer, it is desirable to consist of chromium of 50 - 60 atom % and nitrogen of 50 - 40 atom %.

[0011] Moreover, as for the 2nd ceramic thin film of a high degree of hardness, it is desirable that the hardness is two or more [ 2000kg //mm ] in Vickers hardness. As this 2nd ceramic thin film, there is at least one sort chosen from the carbide of titanium, a nitride, carbon nitride, or the compound nitride of titanium and aluminum, and especially compound nitride  $Ti_xAl_{100-x}N$  (however, x expresses atomic % and is  $20 \leq x < 100$ ) of titanium and aluminum is desirable especially.

[0012]

[Embodiment of the Invention] Although the ceramic thin film which uses chromium and nitrogen as a principal component being chemically stable generally, and excelling in sliding nature is known, it is difficult to obtain good smooth nature. Since membranes are formed by the coating method from the gaseous phase using the sublimation reaction of a chromium metal, when this forms membranes on condition that usual [ which is used industrially ], it is because the granular product which disperses from an evaporation source adheres with the ceramic film and the film which has a detailed projection is formed in a front face. It bites, when sliding an elastic ingredient like a hot Magnesium alloy, as described above, and the origin of \*-like seizure comes, printing spreads rapidly henceforth, and such a projection makes a product a defect.

[0013] Although what is necessary is just to form membranes by low energy which prevents granular debris in order to improve the smooth nature of the ceramic thin film which uses chromium and nitrogen as a principal component, since a membrane formation rate becomes slow, in order to obtain required thickness, cost increases remarkably. Moreover, the top where a metal mold configuration is complicated, although giving lap polish after membrane formation is also considered, since it is difficult to carry out lap polish of the whole shaping side of metal mold at homogeneity, great processing cost is needed.

[0014] in this invention, it is easy to obtain smooth nature at the same time it secures smooth nature by forming the problem which the ceramic thin film which uses such chromium and nitrogen as a principal component has at a low speed -- high -- it solved by carrying out a laminating to a degree of hardness ceramic thin film. it is that is, like [ although the 1st smooth ceramic thin film which uses the chromium and nitrogen of this invention as a principal component can be formed by stopping a rate and forming membranes by low energy like the above ] a titanium compound for the fall of this membrane formation rate -- high -- it can compensate by the laminating with the 2nd degree of hardness ceramic thin film, and membrane formation efficient as the whole ceramic thin film can be performed. As surface roughness of a ceramic thin film with the 1st smooth smooth ceramic thin film and smooth maximum surface layer when this chromium and nitrogen are used as a principal component, it is desirable that it is 0.3 micrometers or less in 2 micrometers or less or  $R_a$  at  $R_{max}$ .

[0015] In addition, formation of the smooth ceramic thin film which uses chromium and nitrogen as a principal component is possible also by approach which is indicated by JP,10-68071,A. This approach makes the target of cathode evaporate and ionize by arc discharge, is made to react with reactant gas, such as nitrogen and a hydrocarbon, by the ion plating method, and in case it forms the thin film of the generated compound on a base material front face, it supplies reactant gas near a target, and where the gas pressure of that neighborhood is raised rather than a perimeter, it forms membranes.

[0016] And the smooth ceramic thin film which uses as a principal component the chromium which carried out in this way and was formed, and nitrogen had very few pinholes, and since osmosis of oxygen was prevented when there were 0.1 micrometers or more of thickness, it turned out that it has the operation which prevents oxidation of the ceramic thin film in a lower layer. By this invention, by using as the maximum surface layer the smooth ceramic thin film which uses the chromium and nitrogen of 0.1 micrometers or more of thickness as a principal component, oxidation of the lower layer ceramic thin film can be prevented, and chemical deterioration and exfoliation can be lost from this.

[0017] moreover, the 1st smooth ceramic thin film which uses chromium and nitrogen as a principal component -- high

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



-- by carrying out the laminating of the 2nd degree of hardness ceramic thin film by turns, chemical stability and a sliding property can improve further according to both synergistic effect, and the remarkable improvement of printing-proof nature can be obtained. In order to acquire this multiplication-effectiveness, it is desirable to set sum total thickness of the whole ceramic thin film including the maximum surface layer to 0.5 micrometers or more. However, since neither the improvement in the printing-proof nature beyond it nor extension of a life can be desired even if it makes sum total thickness thicker than 50 micrometers, it is desirable to be referred to as 50 micrometers or less also from the point of membrane formation cost.

[0018] in addition, the 1st smooth ceramic thin film -- high -- what is necessary is just to carry out a laminating more than every at least one layer, i.e., two-layer, by turns about the laminating of the 2nd degree of hardness ceramic thin film. Moreover, although which shall be formed directly in contact with the body of metal mold between the 1st ceramic thin film and the 2nd ceramic thin film does not have especially a limit, when it takes into consideration that they are adhesion with the metal and alloy which constitute the body of metal mold, and the smooth ceramic thin film with which the laminating of at least two layers is sufficient with a thin film, and the maximum surface layer uses chromium and nitrogen as a principal component, it is desirable to form directly the 1st smooth ceramic thin film which uses chromium and nitrogen as a principal component on the body of metal mold.

[0019] Both 1st smooth ceramic thin film and smooth ceramic thin films of the maximum surface layer consist of CrN system ceramics which use chromium and nitrogen as a principal component. Among those, as for the 1st ceramic thin film used as a inner layer, it is desirable to consist of chromium of 50 - 75 atom % and nitrogen of 50 - 25 atom %. Moreover, as for the ceramic thin film of the maximum surface layer, it is desirable to consist of chromium of 50 - 60 atom % and nitrogen of 50 - 40 atom %. If it separates from the above-mentioned range in any case, it will become easy for printing-proof nature to fall.

[0020] on the other hand -- high -- be [ what is necessary / just although it has a degree of hardness higher than the 1st ceramic thin film as 2nd degree of hardness ceramic thin film ], when it takes into consideration that there are many track records and it is easy to obtain smooth nature industrially [ excel in thermal resistance and ], titanium nitride (TiN), titanium carbide (TiC), charcoal titanium nitride (TiCN), titanium, or an aluminum compound nitride (TiAlN) is desirable. Vickers hardness is two or more [ 2000kg //mm ], and each of these ceramic thin films is ideal to carry out a laminating to a comparatively elasticity CrN system ceramic thin film.

[0021] Although it is expressed with  $Ti_xAl_{100-x}N$  when the compound nitride (TiAlN) film of titanium and aluminum sets the presentation ratio (atomic %) of titanium to x among the ceramic thin films of these 2nd, as for the value of x, it is desirable that it is [ or more 20 ] less than 100. In addition, from the presentation of a compound, naturally, an upper limit is 100, and there is a value of x with the same compound as TiN, when it is 100. However, if the value of x is less than 20, since the degree of hardness of the carbon nitride will fall and the printing-proof nature of metal mold will fall, it is not desirable.

[0022] In addition, by carrying out a laminating to the 1st ceramic thin film at order, or considering as the 2nd ceramic thin film of the presentation which mixed these two or more sorts combining these two or more sorts, although you may use it independently as 2nd ceramic thin film, respectively, since the degree of hardness of the whole ceramic thin film rises further, each ceramic thin film of titanium nitride, titanium carbide, charcoal titanium nitride, titanium, and an aluminum compound nitride is desirable.

[0023] [Example] Each ceramic thin film shown in the following table 1 was formed in the front face of the body of metal mold manufactured by SKD61 which is one of the example 1JIS steel types using the ion plating method by well-known vacuum arc discharge, and the CHIKUSO molding die of the Magnesium alloy of the samples 1-31 by this invention was produced.

[0024] That is, as shown in drawing 1, while making two or more targets 2 counter the inside wall surface of the cylindrical shape-like vacuum housing 1 and having arranged, the heater 3 for heating was installed, and the usual membrane formation equipment which equipped the vacuum housing 1 with a gas inlet 5 and the flueing opening 6 was used. By equipping with the above-mentioned body 7 of metal mold the holder 4 formed pivotable on the medial axis of this vacuum housing 1, and adjusting both the rotational frequency of a holder 4, and vacuum both [ one side or ] of the discharge current (evaporation of a target ingredient), as the following, the laminating of each ceramic thin film was carried out, and it was formed.

[0025] First, the inside of a vacuum housing 1 was exhausted, the degree of vacuum was made into the ambient atmosphere of ten to 4 Pa, and next Ar gas was introduced, and it held in the 2.7Pa ambient atmosphere, and heated to 400 degrees C, and Ar gas was exhausted after performing plasma cleaning, having applied the negative bias voltage of -1000V to the body 7 of metal mold.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[0026] Then, performing time control according to the class of ceramic thin film which forms membranes By introducing both N<sub>2</sub> gas, or CH<sub>4</sub> both [ any one kind or ] with the total flow of 200 cc/min in a vacuum housing 1, evaporating and making each target 2 of Cr, Ti, or a TiAl alloy ionize by vacuum arc discharge Each ceramic thin film shown in Table 1 which consists of N in each target ingredient and introductory gas, and/or a compound with C on the front face in case the rotating body 7 of metal mold passes through each target 2 front, That is, the laminating of the Ti compound system thin film which is the CrN system thin film and the 2nd ceramic thin film which are the 1st smooth ceramic thin film was carried out one by one, and, finally the smooth maximum surface layer of a CrN system was formed.

[0027] Moreover, for the comparison, as shown in the following table 2, the samples 32-36 of the coating metal mold which prepared only the conventional single ceramic thin film, and the sample 37 of the metal mold which does not have a ceramic thin film were also prepared. That is, by samples 32-36, the independent ceramic thin film shown in Table 2 was formed in the front face of the same body of metal mold made from SKD61 as the above by the ion plating method using vacuum arc discharge using usual membrane formation equipment. Moreover, the metal mold of samples 38-44 is the example of a comparison which made a presentation, thickness, etc. of each ceramic thin film out of range [ this invention ].

[0028] Next, about the metal mold of each above-mentioned sample, without applying a release agent, CHIKUSO fabrication of aluminum alloy was performed Mg-10% of the weight, the printing-proof condition on the count of continuation operation and the front face of metal mold was evaluated, and the result was collectively shown in Table 1 and 2. In addition, the die temperature at the time of shaping made temperature of the Mg-aluminum alloy of about 250 degrees C and a half-melting condition 500-550 degrees C. In addition, the figure under presentation of the ceramic thin film shown in Table 1 and 2 meant atomic %, and measured it using Auger analysis. Moreover, the degree of hardness Hk of the 2nd ceramic thin film of Ti compound system is the Vickers hardness (Knoop hardness Hk) measured using the Knoop hardness meter of measuring load 20gf, and shows the average of measurement 5 times.

[0029]

[Table 1]

The 1st and 2nd ceramic thin film The maximum surface layer All thickness The count of continuation operation, and sample CrN system Ti compound system Degree of hardness Hk Laminating CrN system (micrometer) (micrometer) Evaluation of a surface state 1 Cr52N48 TiN 2016 2 Cr52N48 (0.1) 2.1 100,000/is good. 2 Cr52N48 TiN 2014 2 Cr52N48 (0.5) 2.1 100,000/is good. 3 Cr52N48 TiN 2017 2 Cr52N48 (1) 3 100,000/is good. 4 Cr52N48 TiN 2003 2 Cr52N48 (2) 4 100,000/is good. 5 Cr52N48 TiN 2016 4 Cr52N48 (1) 3 100,000-/fitness 6 Cr52N48 TiN 2015 50 Cr52N48 (1) 3 100,000/is good. 7 Cr52N48 TiN 2001 100 Cr52N48 (1) 3 100,000/is good. 8 Cr52N48 TiN 2011 1000 Cr52N48 (1) 3 100,000/is good. 9 Cr52N48 TiN 2001 50 Cr52N48 (1) 1.5 100,000-/fitness 10 Cr52N48 TiN 2012 50 Cr52N48 (1) 2 100,000-/fitness 11 Cr52N48 TiN 2009 50 Cr52N48 (1) 3 100,000-/fitness 12 Cr52N48 TiN 2016 50 Cr52N48 (1) 6 100,000-/fitness 13 Cr52N48 TiN 2021 50 Cr52N48 (1) 11 100,000-/fitness 14 Cr52N48 TiN 2002 100 Cr50N50 (10) 30 110,000-/fitness 15 Cr52N48 TiN 2003 500 Cr55N45 (10) 50 120,000-/fitness 16 Cr52N48 TiN 2009 50 Cr60N40 (20) 50 130,000-/fitness 17 Cr52N48 TiN 2011 50 Cr73N27 (1) 3 50,000-/printing 18 Cr52N48 TiN 2010 50 Cr77N23 (1) 3 10,000-/printing 19 Cr52N48 TiN 2004 50 Cr55N45 (1) 3 100,000-/fitness 20 Cr60N40 TiN 2003 50 Cr55N45 (1) 3 100,000-/fitness 21 Cr70N30 TiN 2006 50 Cr55N45 (1) 3 100,000-/fitness 22 Cr75N35 TiN 2006 50 Cr55N45 (1) 3 100,000-/fitness 23 Cr80N20 TiN 2003 50 Cr55N45 (1) 3 50,000-/printing 24 Cr85N15 TiN 2030 50 Cr55N45 (1) 3 10,000-/printing 25 Cr50N50 TiC 3150 50 Cr55N45 (1) 3 100,000-/fitness 26 Cr50N50 TiCN 2522 50 Cr55N45 (1) 3 100,000-/fitness 27 Cr50N50 Ti20aluminum80N 2262 50 Cr55N45 (1) 3 120,000-/fitness 28 Cr50N50 Ti30aluminum70N 2532 50 Cr55N45 (1) 3 200,000-/fitness 29 Cr50N50 Ti50aluminum50N 2511 50 Cr55N45 (1) 3 150,000-/fitness 30 Cr50N50 Ti70aluminum30N 2516 50 Cr55N45 (1) 3 150,000-/fitness 31 Cr50N50 Ti90aluminum20N 2461 50 Cr55N45 (1) 3 All the samples of 100,000-/fitness (notes) front Naka are the examples of this invention.

[0030]

[Table 2]

The 1st and 2nd ceramic thin film The maximum surface layer All thickness The count of continuation operation, and sample CrN system Ti compound system Degree of hardness Hk Laminating CrN system (micrometer) (micrometer) Evaluation 32\* of a surface state - - - - Cr50N50 (3) 3 1,000-/printing 33\* - - - - TiN (3) 3 20-/printing 34\* - - - - TiC (3) 3 5-/printing 35\* - - - - TiCN (3) 3 10-/printing 36\* - - - - Ti50aluminum50N (3) 3 300-/printing 37\* - - - - 1-/printing 38\*Cr50N50 Ti15aluminum85N1500 50Cr55N45 (1) 3 3,000/printing 39\* Cr52N48TiN 2001 2Cr52N48 (0.01) 2.01 500/printing 40\*Cr52N48TiN 2019 2 Cr52N48 (0.05) 2.05 1,000/printing 41\* Cr52N48TiN 2008 50 Cr52N48 (0.09) 0.29 100-/printing 42\* Cr52N48 TiN 2009 50 Cr52N48 (0.08) 0.48 500-/printing 43\* Cr52N48 TiN 2005 50 Cr80N20

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(0.09) 2.09 500-/printing 44\* Cr52N48 TiN 2000 50 Cr85N15 (0.08) 2.08 The sample which attached \* of 500-/printing (notes) front Naka is an example of a comparison.

[0031] When it fabricated in the metal mold of the samples 32-36 which coated only the conventional single ceramic thin film, without applying a release agent so that the above-mentioned result may show, printing took place to the metal mold front face by 1000 shots in early stages of use, and continuation of a fabrication operation became impossible. Moreover, as for the metal mold which does not have the ceramic thin film of a sample 37 at all, printing took place at only 1 time of a shot.

[0032] On the other hand, in the metal mold of the samples 1-31 of this invention, even if it did the continuous-molding activity of 10,000-200,000 shots, it was burned without spreading of lubricant, and a phenomenon was not caused, but the cast of a very good condition was obtained. When compound nitride  $\text{Ti}_x\text{Al}_{100-x}\text{N}$  of titanium and aluminum is especially used as 2nd ceramic thin film of a high degree of hardness, it turns out that a mold life is prolonged further. However, when the value of  $x$  is less than 20 so that the sample 38 of the example of a comparison may show, the improvement in printing-proof nature is not found.

[0033] Moreover, when the thickness of the maximum surface layer of the samples 39-44 of the example of a comparison was the metal mold which is less than 0.1 micrometers, since oxidation of a lower layer ceramic thin film (especially Ti compound system thin film) advanced quickly, exfoliation of a thin film etc. took place, it was easy to generate printing, and all became unusable at 1000 or less times of shots. Moreover, it turns out that the life of metal mold becomes [ the sum total thickness of the whole ceramic thin film ] short further by the less than 0.5-micrometer samples 41-42.

[0034] By using the special arc ion plating method which is indicated by above mentioned JP,10-68071,A as a means which raises the smooth nature of an example 2 ceramic thin film, the laminating of the 1st ceramic thin film with a smooth CrN system and the 2nd ceramic thin film of a TiN system was carried out to the front face of the same body of metal mold as an example 1, the smooth maximum surface layer of a CrN system was further formed on it, and the metal mold which has the ceramic thin film of three layers was produced. that whose maximum surface roughness of the conventional CrN system ceramic thin film was about 3-4 micrometers in  $R_{\text{max}}$  according to this improving method -- said -- about 1-2 micrometers has improved.

[0035] in addition, evaluation of the surface roughness of a ceramic thin film is shown in the following table 4, when the average of roughness height is also evaluated under the Measuring condition of the following table 3, since the numeric value of the maximum granularity tends to be influenced by the probable element -- a result [ like ] was brought. However, the test piece made from the JIS steel type SKD61 for surface roughness evaluation was prepared apart from metal mold in the configuration with a 25mm angle  $x$  thickness of 4mm, and carried out coating processing at metal mold and coincidence.

[0036]  
[Table 3] device: used for measurement -- surfboard COM by Tokyo Seimitsu Co., Ltd. 570A measurement die-length: -- 6mm cut-off: -- quality-of-the-material [ of the rate:0.3mm/second sensing pin which moves 0.8mm sensing pin ]: -- tip configuration [ of a diamond sensing pin ]: -- the radius of curvature of 5 micrometers, and 90-degree cone configuration [0037]

[Table 4] Base-material surface roughness which is before coating: They are : $R_{\text{max}}=1\text{-}2\text{micrometer}$  and  $R_a=0.3\text{micrometer}$ [0038] in  $R_{\text{max}}=0.03\text{micrometer}$ , surface roughness: $R_{\text{max}}=3\text{-}4\text{micrometer}$  of the CrN thin film by the thickness:3.1-micrometer conventional method of a  $R_a=0.01\text{-micrometer}$  coating thin film, and the surface coarseness of the CrN thin film by the  $R_a=0.5\text{-micrometer}$  improving method. The metal mold of this invention which formed the ceramic thin film by this approach was all able to continue the stable fabrication operation of 150,000 or more shots without spreading of a release agent. However, when compared in respect of the life, the thing using  $\text{Ti}_x\text{Al}_{100-x}\text{N}$  ( $20 \leq x < 100$ ) as a ceramic thin film of a high degree of hardness which carries out a laminating is the longest lasting, and printing was not generated at all after the fabrication of 500,000 shots.

[0039]  
[Effect of the Invention] While according to this invention making unnecessary spreading of the release agent to metal mold and aiming at improvement in working capacity, and an improvement of shaping precision in CHIKUSO shaping of a Magnesium alloy, printing is lost, and metal mold can be used over a long period of time, being stabilized.

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

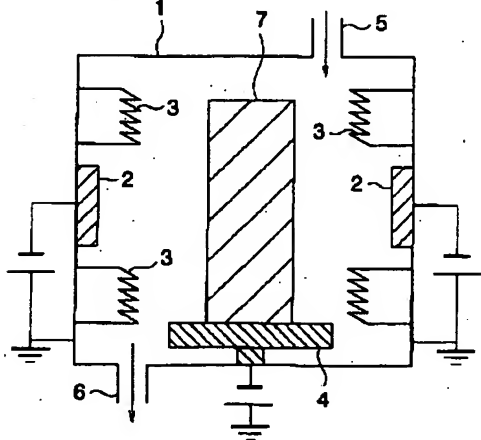
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DRAWINGS

---

[Drawing 1]



---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**